

中国大别山东南缘首次发现大坝陨坑构造

向缉熙^{1,2,3} 许林根^{2,3} 向 钒^{1,3} 石乾华¹
吴思本^{3,4} 张新元² 张宜勇^{1,5}

(1.安徽省地质调查院,安徽 合肥 230001;2.中国地质调查局发展研究中心,北京 100037;
3.北京宙地科学研究所,北京 100088;4.中国地质科学院,北京 100037;5.安徽省岩矿实验中心,安徽 合肥 230001)

摘要:简介首次在大别山东南缘安徽省境内发现的大坝陨坑构造。经初步评价,知陨坑呈椭圆形,长轴呈北北东向,长约 19 km,短轴长约 12 km,最大坑深约 2 km,是一个有中央隆起区的复杂型陨坑。在卫片上陨坑显示环形影像,地貌形态为一洼地。陨坑基座保存尚好,可对它直观和追溯陨坑构造边界。形成于 230 Ma 左右的各类撞击变质岩石系列齐全,其中含有柯石英等典型的撞击变质矿物及撞击碎理等超微构造,特别是在陨坑基座内壁普遍发现有鉴别陨坑构造最可靠的标志——干裂自角砾岩,都证明大坝环形影像是一个典型的陨星撞击坑构造。它的发现,具有很大的科学及经济意义,对今后褶皱山区寻找和研究陨坑构造具有示范和指导作用,同时大大丰富了建设大别山世界地质公园的地质依据。毋庸置疑此发现将促进大别山旅游业的发展及陨星撞击科普知识的传播。

关键词:陨星撞击坑构造;陨坑基座;撞击变质岩石;撞击变质矿物;柯石英;干裂自角砾岩

中图分类号:P542 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2008)05-0869-10

2007 年,安徽省国土资源厅正式批准安徽省地质调查院立项(安徽省地质勘查专项费用项目,编号 2007-16-09),寻找和研究大别山安徽省境内可能存在的陨星撞击坑(简称陨坑)构造。安徽省地质调查院与北京宙地科学研究所合作,从检查卫片环形构造影像入手,开展 1:5 万陨坑构造专门化填图研究,于同年 9 月在大别山东南缘首次发现了大坝陨坑。经过近一年的初步评价,认为它虽遭受长期剥蚀与改造,但保存尚较完整,特别是陨坑构造结构清晰,撞击岩石组合齐全,鉴别标志典型,称得上是一个陨坑构造范例,对今后在褶皱山区寻找和研究陨坑构造起到示范和指导作用,具有很大的科学及经济意义。

1 位置及交通

大坝陨坑位于大别山东南缘安徽省太湖县与宿松县交界处的大坝一带(图 1),东经 116°00′~116°18′,北纬 30°20′~30°32′。区内有太湖花亭湖、宿松白

崖寨两处自然风景旅游区,公路四通八达,并有京九(北京—九江)铁路在陨坑东南经过,交通十分方便。

2 以往地质研究概况

1960 年,安徽省地质局区域地质调查队,完成了本区 1:20 万区域地质调查,首次将大别山杂岩划分为太古宙大别群及元古宙宿松群,并新发现金红石等矿产^[1]。

1989 年,安徽省地质矿产局 311 地质队,完成了本区 1:5 万区域地质调查,对地层及岩石的划分基本上是沿用区域地质调查队的意见,而对矿产进行了系统研究,新发现重稀土、瓷石等矿产(据安徽省地质矿产局 311 地质队内部出版的 1:5 万张家榜、枫香驿、太湖、破凉亭幅区域地质调查报告)。

1989—1991 年,Okay^[2]、潘国强^[3]、徐树桐等^[4]在大别山榴辉岩中先后发现柯石英、金刚石等超高压变质矿物。从此,大别山成为世界上最大的超高压变

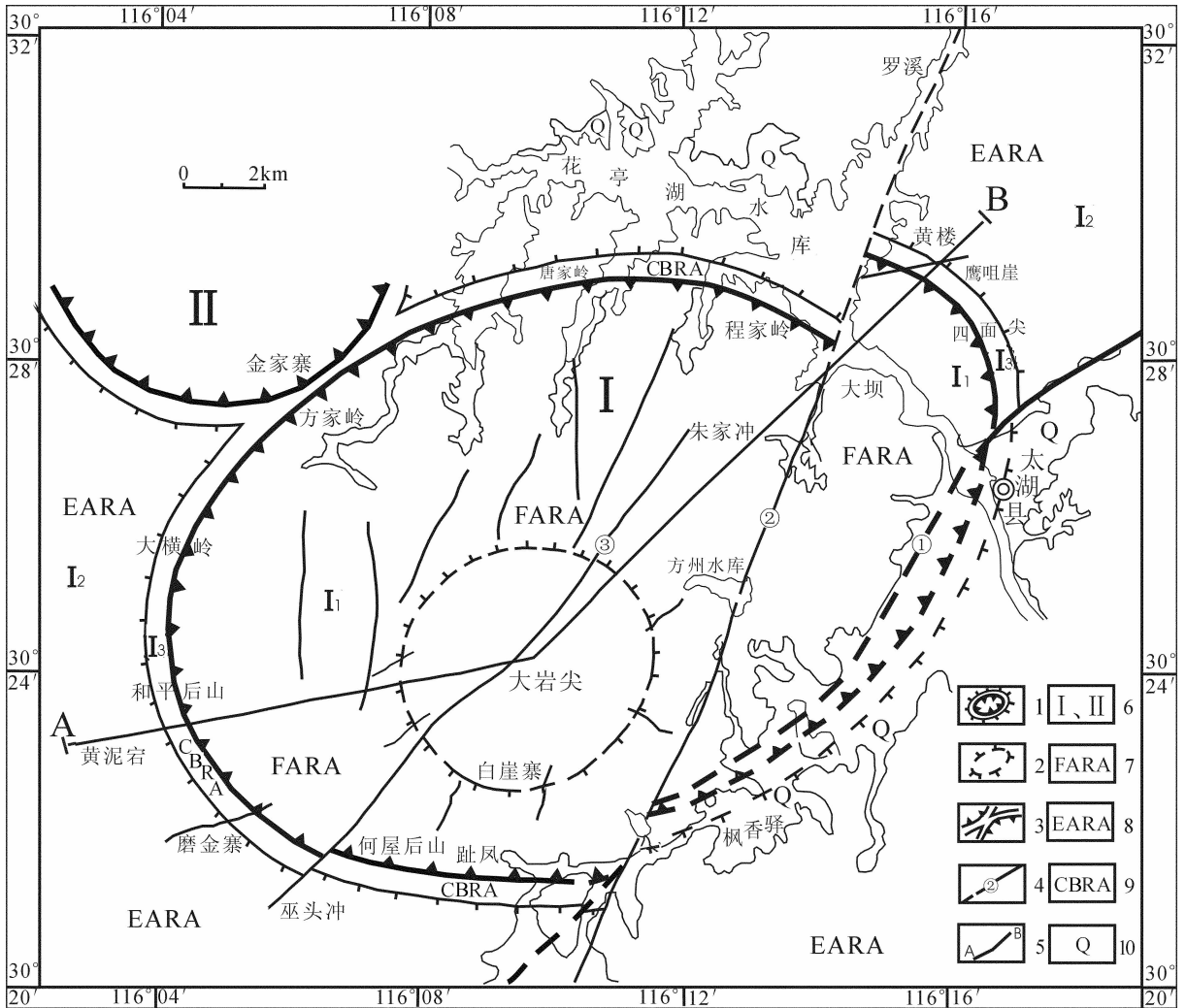


图 1 中国大别山大坝陨坑构造地质图

1—实测及推测陨坑基座位置;2—实测及推测陨坑中央隆起区位置;3—双陨坑交接共同基座位置;4—断层及编号;

①—实测及推测庐庐断裂带,②—罗溪—方州断裂,③—朱家冲—巫头冲断裂,无编号者为一般断裂;5—剖面位置;

6—陨坑位置: I—大坝陨坑; I₁—回落区, I₂—溅射区, I₃—陨坑基座, II—百罗陨坑; 7—回落区岩石组合: 上部榴辉岩质、长英岩质、花岗岩质、混杂质等回落角砾岩及似层状、条带状回落角砾岩; 下部斜长角闪岩质、角闪斜长岩质撞击次熔融岩、撞击熔融岩; 8—溅射区岩石组合: 上部榴辉岩质、长英岩质、花岗岩质、混杂质等溅射角砾岩或似层状、条带状溅射角砾岩; 下部硅化、糜棱岩化溅射靶岩(原岩为轻度变质沉积岩); 9—陨坑基座岩石组合: 撞击重熔长英片麻岩夹重熔石英云母片岩及少量重熔石英岩; 10—第四系

Fig.1 Tectonic map of the Daba meteorite crater in Dabie Mountains, China

1—Measured and inferred location of meteorite crater base; 2—Measured and inferred location of the central uplift of meteorite crater;

3—Location of a common base of two intersected meteorite craters; 4—Faults and cotes; ①—Measured and inferred Tanlu fault belt;

②—Luoxi—Fangzhou fault; ③—Zhujiaochong—Wutouchong fault; 5—Section location; those unnumbered are ordinary faults;

6—Components of the meteorite crater: I—Daba meteorite crater: I₁—Fallback area; I₂—Eject area; I₃—Meteorite crater base; II—Bailuo meteorite crater; 7—Fallback area rock association (FARA): fallback breccia of eclogitic, felsic, granitic and mixed compositions or stratoid and banded fallback breccia in the upper part, and impact secondary molten rocks and impact molten rocks of amphibolite and amphibolite anorthosite compositions in the lower part; 8—Eject area rock association (EARA): eject breccia of eclogitic, felsic, granitic and mixed compositions or stratoid and banded fallback breccia or stratoid and banded eject breccia in the upper part, and silicified and mylonitized eject target rocks (the protoliths are slightly metamorphosed sedimentary rocks) in the lower part;

9—Crater base rock association (CBRA): impact remelted felsic gneiss intercalated with remelted quartz—mica schist and minor remelted quartzite; 10— Quaternary

质岩区之一,吸引了大批国内外专家学者前来研究。关于超高压变质岩的成因,大多数人认为是在地幔深处(90~400 km)形成的,并创建板块俯冲—折返机制解释它的形成过程。

1993年,Okay^[6]对本区榴辉岩进行过岩石学研究,引入了“冷榴辉岩概念”^[6],并新提出“热榴辉岩”一词。他指出花亭湖水库大坝以南的“冷榴辉岩”不含柯石英和金刚石,峰期变质压力和温度都较低($P=2.6\text{GPa}$, $T=635^\circ\text{C}$),而大坝以北的“热榴辉岩”带含柯石英和金刚石,峰期变质压力和温度都较高($P\geq 3\text{GPa}$, $T=800^\circ\text{C}$),二者以花亭湖东西向断裂为界。

2004年,石永红等^[7]对太湖地区进行过岩石学系统研究,开展了1:1万比例尺岩石填图,把榴辉岩划分为金河桥型(大坝以北)、大坝型、朱家冲型(大坝以南)3类,根据它们的峰期变质压力和温度重新计算,认为三者并没有明显差异,从而否定了冷、热榴辉岩之说。

1995年起,向缉熙、向钜等在大别山区寻找陨星撞击构造,编有大别山区卫星照片环形构造影像图。随后,北京宙地科学研究所选东大别山的岳西、寺前、唐湾、桐城等环形构造进行实地检验,发现它们主要是陨星撞击作用形成的,编有东大别山环形构造组合或陨坑群图^[8],并提出两大新观点:(1)前人划分的大别群及宿松群之上,往往有陨星撞击构造叠加,宿松群既是陨星撞击的靶岩,也是各类撞击变质岩的原岩;(2)前人发现的超高压变质岩带应改称超高压、超高温变质岩,它们不呈带状而是团状分布,并与陨坑或陨坑群的范围大致相吻合,是陨星撞击作用形成的超高压、超高温变质岩。

3 大坝陨坑主要鉴别标志及特征

3.1 卫片上有环形影像

无论根据美国地球资源卫星照片进一步制成的1:100万假彩色合成图像及1:400万中国卫星影像图,还是通过Google从网上下载的新一代全球卫片图,都可见到大坝陨坑显示环形影像(图版I-1),成为发现陨坑构造的初始标志。

3.2 具环形洼地地貌

大坝陨坑构造虽遭受过强烈的后期改造,坑沿上曾高耸的撞击溅射物屏障已剥蚀殆尽,但耐风化的屏障底座(亦即陨坑基座上端部分)仍较高突起,显露出鹰咀崖、四面尖、青岩西山、何屋后山、磨金寨、和平后

山、大横岭、金家寨(方家岭)、唐家岭、程家岭等组成的环形山(图1~2),在地貌上围抱成一个残存的椭圆形洼地,成为陨坑的大致原始形态。

3.3 陨坑构造的结构及形态标志

大坝陨坑构造(编号I)由陨星撞击溅射物坑内回落区(简称回落区,编号I₁)、陨星撞击溅射物坑外溅射区(简称溅射区,编号I₂)、陨星撞击坑基座区(简称基座区,编号I₃)等3个构造分区或单元构成(图1),成为清晰的陨坑构造结构标志。

环绕陨坑构造的环形山上,曾高耸的撞击溅射物屏障虽剥蚀殆尽,但屏障底座保存尚好,并独具白色或黄白色(图版I-2),可供直观陨坑构造形态特征。通过对它的追索及填制1:5万地质构造平、剖面图,可知大坝陨坑的平面形状为椭圆形(图1),其长轴自和平后山至鹰咀崖,呈北北东向的洼坑状(图2),长约19 km(指内径,下同),沿短轴方向的北西端,与百罗陨坑(编号II)相交,南西端被庐断裂所截,残存长约12 km。

在大坝附近,有从罗溪至方州水库的北北东向断裂通过,将陨坑切割成两部分。其中北东部分范围较小,约占陨坑平面面积的1/4。它受断裂破坏,向北北东方向错位近2 km,且微有抬升,部分坑底(陨坑基座岩石)出露地面。坑底之上有溅射回落角砾岩分布。在大坝公路旁的人工开挖面上,发现似层状、条带状回落角砾岩之下逐渐过渡为含角砾或角砾阴影的撞击次熔融岩。再往下应过渡到撞击熔融岩及坑底,但均未出露,推测其埋深在-50 m左右。如果在这里加上四面尖的残存高度(508.8 m),再加上被剥蚀掉的溅射物屏障高度(约500 m),则北东部分的陨坑深度在1000 m以上(图2)。陨坑南西部分的平面面积,约占陨坑平面面积的3/4,坑内出露岩石,主要为溅射回落角砾岩及似层状、条带状溅射回落角砾岩。但在昔家岭—蜈蚣寨—白崖寨—大岩尖一带见有陨坑基座变质岩出露,这里应是陨坑回弹时形成的中央隆起区,它和卫片上所见隆起区影像(图版I-1)相吻合。由此可知,大坝陨坑是一个有中央隆起区的复杂型陨坑。

由于中央隆起区位置不在陨坑正中心,向南西方向偏离近2000 m,说明陨星不是垂直撞向地面,而是有一定角度,至使陨坑出现北东浅、南西深的格局。推测南西部分的最大坑深至少1倍于北东部分,可达2000 m以上。

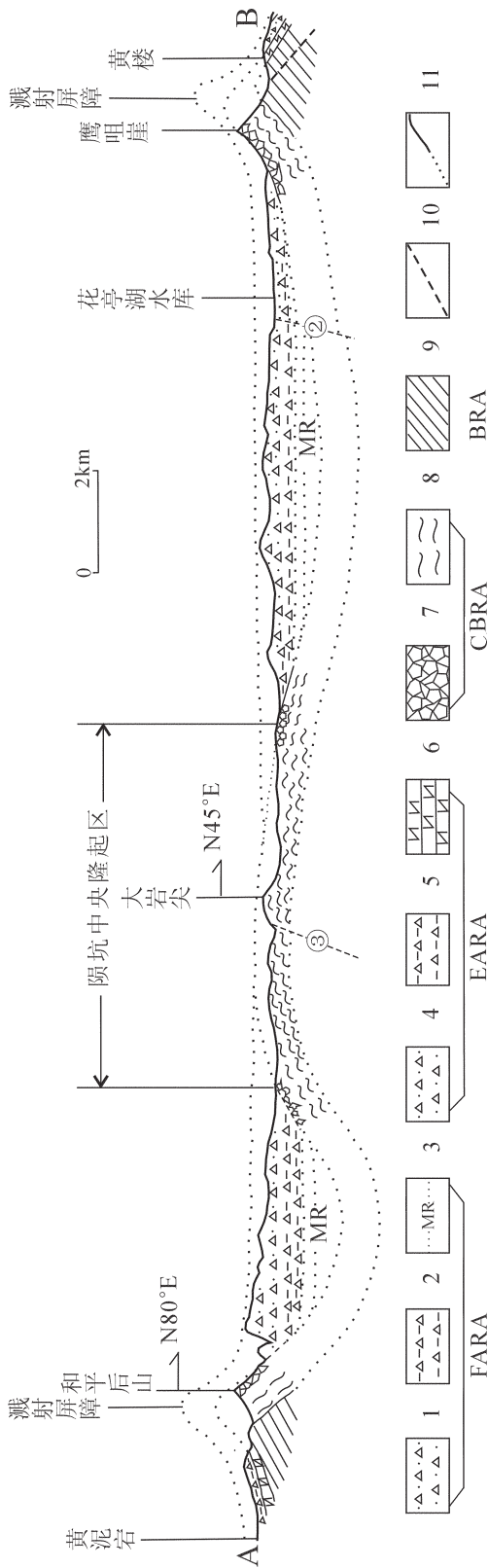


图2 大坝陨坑 A-B 构造地质剖面

FARA—回落区岩石组合; 1—榴辉岩质、长英岩质、花岗岩质、混杂质等回落角砾岩; 2—似层状、条带状回落角砾岩; 3—上部含角砾撞击次熔岩, 下部撞击熔岩; EARA—溅射区岩石组合; 4—榴辉岩质、长英岩质、花岗岩质、混杂质等溅射角砾岩; 5—似层状、条带状溅射角砾岩; 6—硅化、糜棱岩化溅射靶岩; CBRA—陨坑基座岩石组合; 7—干裂自角砾岩; 8—撞击重熔长英片麻岩夹重熔石英云母片岩及少量重熔石英岩; BRA—基岩岩石组合; 9—显层理的轻变质沉积岩; 10—断层; 11—实测及推测地质界线

Fig.2 Huangnidang—Huanglou tectonic section of the Daba meteorite crater

FARA—Fallback area rock association; 1—Stratoid and banded fallback breccia; 2—Stratoid and banded fallback breccia; 3—Angular fragment-bearing impact secondary molten rocks in the upper part and impact molten rocks in the lower part; EARA—Eject area rock association; 4—Eject breccia of eclogitic, felsic, granitic and mixed compositions; 5—Stratoid and banded eject breccia; 6—Silicified and mylonitized eject target rocks; CBRA—Crater base rock association; 7—Desiccation auto-breccia; 8—the impact remelted felsic gneiss intercalated with remelted quartz-mica schist and minor remelted quartzite; BRA—Basement rock association; 9—Slightly metamorphosed rocks with stratification; 10—Fault; 11—Measured and inferred geological boundaries

3.4 陨坑岩石组合标志

按陨坑构造的结构分区,可进一步划分为回落区岩石组合标志、溅射区岩石组合标志及陨坑基座区岩石组合标志。

3.4.1 回落区岩石组合标志

在回落区边部,溅射回落角砾岩一般直接与陨坑坑底(陨坑基座岩石)呈不整合接触,但自边部向陨坑中部,角砾岩往下逐渐过渡为似层状、条带状回落角砾岩,再往下逐渐过渡为含角砾或角砾阴影的撞击次熔融岩,推测其下部还应埋藏有撞击熔融岩石(图 2)。

回落角砾岩,由溅射的大角砾及同角砾成分的细粒物质(习惯称角砾岩“基质”部分)组成。成分主要有榴辉岩质角砾岩、角闪岩质角砾岩、花岗岩质角砾岩及榴辉、角闪、花岗岩质混杂角砾岩等。无论是大角砾还是“基质”中,在镜下都可见到柯石英等撞击矿物。柯石英是石英族中的高压变体,石英的同质异构体,它们的成分均为 SiO_2 ,但柯石英的密度 ($2.92\text{g}/\text{cm}^3$) 远大于石英 ($2.65\text{g}/\text{cm}^3$)。柯石英的峰期变质温压条件: $p \geq 3\text{GPa}$, $T \geq 800^\circ\text{C}$ (Okay, 1993), 如果温压降低或其他原因,柯石英易转变为石英,在转变中因密度降低而膨胀,结果在寄主矿物中形成放射状胀裂纹(图版 I-3)。

柯石英最初是由 Coes Jr. L.^[9] 在高压高温条件下人工合成。大约从 1960 年起,天然柯石英在美国亚利桑那州米蒂尔等许多陨坑中相继发现,因此它被视为鉴别陨星撞击作用最典型的甚至是特有的撞击矿物^[10]。但后来发现柯石英还产于榴辉岩、蓝片岩及与金伯利岩有关的超高压变质岩中^[11-14],人们不免对柯石英是否为陨击作用特有的矿物提出质疑,另一方面对榴辉岩、蓝片岩等的成因也引起浓厚的兴趣,认为它们很可能就是陨击形成的岩石。笔者怀着这样的兴趣,自 1995 年起在大别山含柯石英榴辉岩分布区寻找陨星撞击构造,并终于发现了岳西、大坝等陨坑,确认含柯石英榴辉岩陨击溅射物回落角砾岩及溅射角砾岩的组成部分,从而支持了柯石英是陨击作用特有撞击矿物的观点,认为它是鉴别陨坑构造最可靠的标志之一。在回落角砾岩的露头上或标本中,有时还可同时见到带棱角的角砾及呈弯月状、葫芦状等形状的撞击熔融体(图版 1-4),反映出陨星撞击作用的超高速,说明撞击作用几乎是在瞬间完成,根本来不及均衡调整,乃至出现角砾与

熔融体共存。因此,这一特征亦是鉴别陨星撞击作用的可靠标志。

似层状、条带状回落角砾岩。与上覆角砾岩渐变接触,由深色岩条带与浅色岩条带相间组成(图版 I-5)。深色岩成分主要为角闪岩及少量榴闪岩,浅色岩成分主要为角闪斜长岩、斜长岩及长英岩。其成因一般认为是陨星撞击成坑过程中,因温度特高,坑底物质全成为撞击熔融岩石,先回落其中的角砾岩被同熔(首先是“基质”部分同熔)或部分熔融(主要是某些大角砾),在继续回落的角砾岩上覆重压作用下使之拉长呈条带,致形成似层状、条带状角砾岩。岩石中不含柯石英等撞击矿物,或撞击矿物因经过熔融已不复存在。

含角砾或角砾阴影的撞击次熔融岩。与上部的似层状、条带状角砾岩呈渐变接触,在野外二者难以区分。已知它们的成分至少有两类:一类是所含角砾或角砾阴影及熔融岩石部分都为斜长角闪岩质、呈浅绿、棕绿等色,常被误视为大榴辉岩体。镜下鉴定,矿物成分主要为角闪石,其次有斜长石和少量的绿帘石,可定为含绿帘斜长角闪岩。第二类是作为撞击熔融岩部分的斜长岩或角闪斜长岩中,含有少量被压扁拉长的角闪岩质角砾或角砾阴影(图版 I-6)。它们往下应过渡到撞击熔融岩石,但未出露。

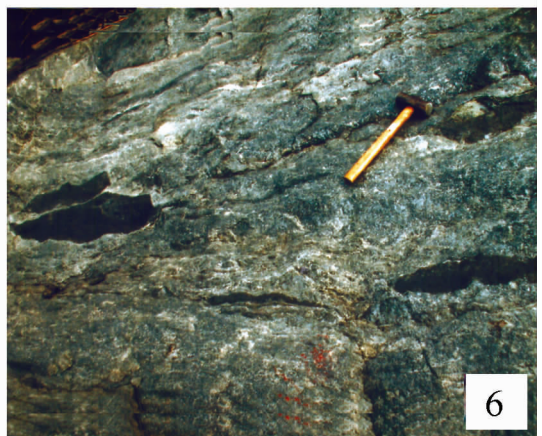
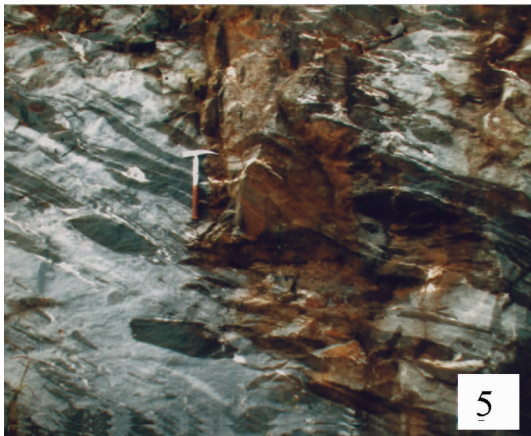
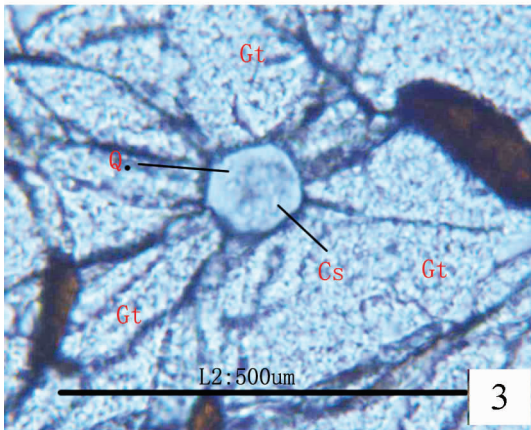
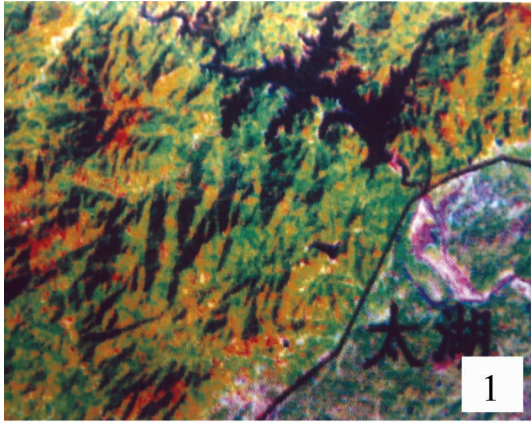
3.4.2 溅射区岩石组合标志

溅射区岩石组合呈明显的二元结构,上部为溅射角砾岩(图版 II-1)或溅射似层状角砾岩,下部为溅射靶岩。溅射角砾岩的岩性及特征基本同回落角砾岩,亦普遍含柯石英等撞击矿物及撞击碎理(图版 II-2)等超微构造,只不过它们是溅射到了坑外而不是回落在坑内。溅射靶岩以硅化、糜棱岩化为特征,厚度数米至百余米不等,其原岩主要是宿松群中的新元古代岩石,多为显层理的轻变质沉积岩(图版 II-3)。溅射角砾岩与溅射靶岩呈射落不整合接触,在靶岩中可见射落漏斗或溅射漏斗(图 3)及小射击坑等典型的射落接触构造,成为鉴别撞击溅射物及溅射靶岩最特征、最可靠的标志。

3.4.3 陨坑基座区岩石组合标志

陨坑基座(亦称底座),是陨星撞击作用最后形成的产物。当时,陨星撞击波的力量减弱,在前进中已无法挖掘和抛出撞击溅射物,但尚可撞击压缩和重熔靶岩,使之形成较致密的陨坑基座。其岩石组合主要为撞击重熔长英质片麻岩,夹重熔石英云母片

图版 I



1—大别山东南缘太湖县卫片环形影像;2—从黄楼望鹰咀崖,山顶白色岩石为大坝陨坑基座撞击重熔岩;

3—大坝榴辉岩角砾内石榴子石(Gt)中的撞击矿物柯石英残晶(Cs)及退变石英(Q);

4—大坝回落角砾岩露头上,可见带棱角的角砾(铁锤右上方)和不规则的撞击熔融体(铁锤左下方)共存;

5—大坝似层状、条带状回落角砾岩;6—方州含角砾(深色)或角砾阴影的撞击次熔融岩

1—Circular images of Taihu County on the southeast margin of the Dabie Mountains on the satellite photo;

2—Yingzui cliff viewed from the standing point of Huanglou. The white rocks on the mountaintop is the impact

remelted rocks of the Daba meteorite crater base;3—Relict crystal of the impact mineral coesite (Cs) and transferred

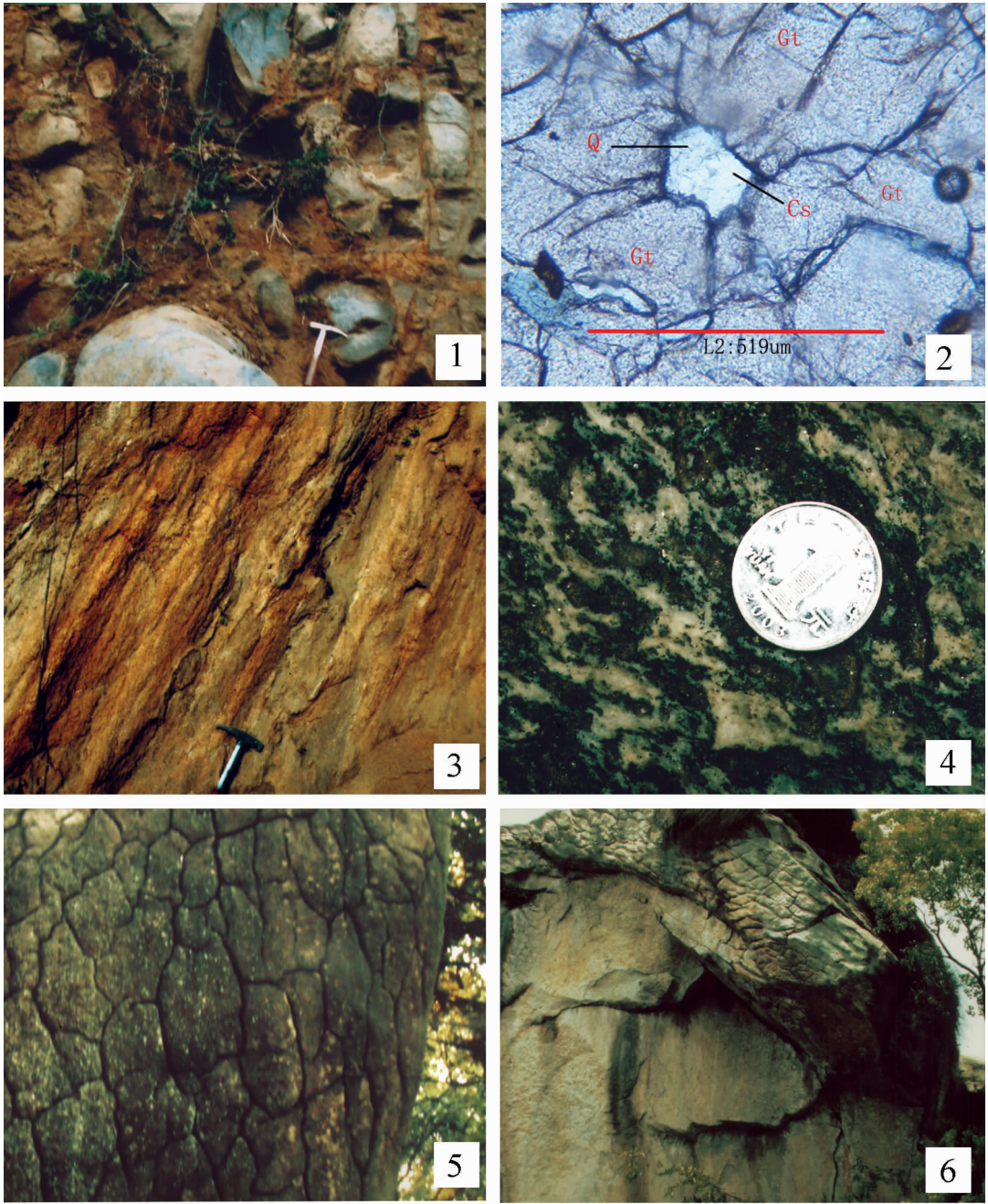
quartz (Q) in garnet (Gt) in eclogite fragments in the Daba meteorite crater;4—On the outcrops of fallback breccia of

the Daba meteorite crater, angular fragments (at upper right of the hammer) and the irregular impact molten rocks

(lower left of the hammer) coexist;5—Fallback breccia with stratoid and banded stratification in the Daba meteorite

crater;6—Fragment-bearing (dark-colored) or fragment-shadowed impact secondary melted rocks in Fangzhou Village

图版 II



1—陈屋榴辉岩质溅射角砾岩;2—祠堂屋榴辉岩角砾中石榴子石(Gt)撞击碎理和撞击矿物柯石英残晶(CS)及退变石英(Q);3—周家岭显层理的轻变质沉积岩;4—白云崖撞击重熔石英云母片岩磨光面上显示的石英重熔体(白色);5—莲花峰干裂自角砾岩(距干裂自角砾岩陡壁约 15 m 拍照);6—莲花峰撞击重熔长英片麻岩与其表壳干裂自角砾岩渐变过渡接触

1—Eject breccia of eclogitic composition in Chenwu Village;2—Impact cataclastic structure, relict crystal of the impact mineral coesite (Cs) and transferred quartz (Q) in eclogite fragments in Citangwu Village;
 3—Slightly metamorphosed rocks with stratification in Zhoujialing Village;4—Remelted quartz (white) clearly occurring on the polished surface of a hand specimen of impact remelted quartz-mica schist sampled from the Baiyun cliff;5—Desiccation auto-breccia sampled from the Lianhua Peak (Camera only 15 m away from the cliff);
 6—Gradational contact relationship between impact remelted felsic gneiss and its surface desiccation auto-breccia in the Lianhua Peak

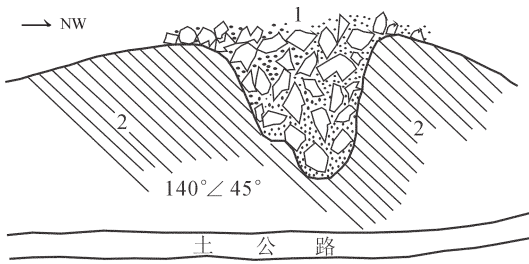


图 3 B3a 观测点溅射漏斗构造素描示意图

1—榴辉岩质溅射角砾岩;2—溅射靶岩(显层理的轻变质沉积岩)

Fig.3 A geological sketch of B3a observing spot showing the eject funnel structure

1—Eject breccia of eclogite;2—Eject target rock (slightly metamorphosed rocks with stratification)

岩及少量压缩重熔石英岩。在基座内侧,也即陨坑内壁,这些撞击压缩、重熔岩的表壳部分,重熔矿物颗粒粗大,有的长轴长达 1 cm 以上(图版 II-4)。岩石中含有柯石英等撞击矿物,反映它们具有陨星撞击的超高压、超高温特征。另外,这些重熔岩表壳较普遍形成了非常特征的干裂自角砾岩^①(图版 II-5),因它们只在陨坑基座或陨坑内壁才能见到,成为陨坑构造独一无二的、最直观、最可靠的鉴别标志。在陨坑基座外侧,撞击压缩重熔岩逐渐过渡为撞击原始靶(基)岩——显层理的轻变质沉积岩或破碎的轻变质沉积岩。

综合上述主要鉴别标志,可知大坝陨坑既有卫片上的环形影像,又有地貌洼地特征;陨坑构造结构清晰,残存的坑沿(溅射物屏障底座)可供直观和追索;最关键的撞击岩石标志出露尚多,其中所含撞击矿物、超微构造、撞击角砾与撞击熔融体共存等微观标志,逐一反映出陨星撞击作用的超高压、超高温、超高速特征,特别是发现了只在陨坑内壁才可见到的干裂自角砾岩,都证明了大坝环形影像是一个典型的陨星撞击坑构造。

4 大坝陨坑的形成时代

前人对本区石马溅射角砾岩、朱家冲回落角砾岩中的榴辉岩角砾,进行过同位素年代学研究,石马榴辉岩的 Sm-Nd 矿物等时线年龄为 $(221 \pm 4) \text{ Ma}^{[15]}$,石

马附近毛屋榴辉岩的锆石 U-Pb 年龄为 $(225.5 \pm 3.6) \text{ Ma}^{[16]}$ 和 $(230 \pm 4) \text{ Ma}^{[17]}$,朱家冲获得榴辉岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 $(231.6 \pm 9.7) \text{ Ma}^{[18]}$ 。由此可知,大坝陨坑形成的时代应在 230 Ma 左右,大致相当于中三叠纪晚期,是一个早于新生代的古陨坑构造。

5 大坝陨坑发现的意义

(1)大坝陨坑构造的发现表明,地球上不仅有大量诸如美国亚利桑那州米蒂尔等新陨坑的存在,而且像大别山这样的褶皱山区也有诸如大坝古陨坑的残存。说明陨星撞击是太阳系最普遍、最基本的“地质”作用,各个星球都普遍遭受过陨星的猛烈轰击,地球也绝不例外。

(2)陨星撞击地球形成陨坑构造,是地球内在因素与地外宇宙因素整合效应的实例。因此,大坝陨坑构造的发现,又一次实证和丰富了宇-地因素整合效应理论,将促进宇宙-地球科学的发展。

(3)在大坝陨坑研究中,首次发现可供直观的陨坑基座及其撞击重熔片麻岩和片岩,特别是发现了鉴别陨坑构造独一无二的、最直观、最可靠的证据——干裂自角砾岩,无疑发展了陨星撞击构造学及撞击变质岩学。

(4)大坝陨坑构造的发现,否定了超高压变质岩是板块深俯冲至地幔形成的传统观点,具体证明它们是陨星撞击的溅射角砾岩、回落角砾岩及撞击重熔片麻岩和片岩,厚度 0~500 m 以上。另外,由撞击重熔岩组成的陨坑基座,最大埋深也不到 3000 m (图 2),且是座落在新元古代的轻度变质沉积岩之上。因此,这里不存在三度空间都显示超高压变质的且延深至地下 90 km 甚至 400 km 的超高压变质岩带,并且现有地质物探资料,也没有实际发现控制超高压变质岩形成的所谓板块俯冲-折返机制。

(5)大坝陨坑出露较好,保存了陨星撞击坑的主要特征,构造结构清晰,撞击岩石组合齐全,鉴别标志典型,堪称是古陨坑构造的范例,对今后在大别褶皱山区寻找和研究陨坑构造将起示范和指导作用。

(6)大坝陨坑的发现,可望使大别山国家地质公园升级为世界地质公园,在花亭湖、白崖寨等风景旅

①干裂自角砾岩,是撞击重熔岩浆凝固时其表壳受陨坑内高温烘烤形成的。因其裂纹与稻田受太阳暴晒形成的干裂泥相似,故称干裂岩。其裂开的角砾成分单一,没有发生过错位或转动,可以相互对接,故称自角砾岩。合称干裂自角砾岩,简称干裂岩。

游区可新辟陨坑地质景点并举办陨坑现场展览,将促进地质旅游业的大发展,陨坑构造科普知识的大传播,无疑将取得巨大的经济效益和社会效益。

(7)陨坑区内花亭湖及长河流域赋存有第四纪金红石、锆石砂矿,陨坑基座重熔片麻岩、片岩中发现高级建筑石材、工艺石材和硅石、蛭石等矿物原料,具有待勘查、开发的经济潜力。

目前,大坝陨坑的研究工作正在继续深入进行,预期还会取得更多深层次的研究成果。

在大坝陨坑发现及研究过程中,常印佛院士、安徽省国土资源厅项怀顺总工程师给予了指导并审阅本文原稿,提出宝贵意见,中国地质调查局发展研究中心和国土资源部实物地质资料中心也给予支持和帮助,徐树桐教授对鉴定榴辉岩中微粒金刚石方法不吝指教,在此一并致以最诚挚的谢意!

参考文献 (References):

- [1] 安徽省地质矿产局.安徽省区域地质志[M].北京:地质出版社,1987:9-577.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Anhui Province. Regional Geology of Anhui Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987:9-577(in Chinese with English abstract).
- [2] Okay AI, Xu S, Sengor AMC. Coesite from the Dabie shan eclogites, central China[J]. Eur. J. of Mineral. 1989, 1:595-598.
- [3] 潘国强,荆延仁,等.大别山含柯石英榴辉岩的发现[J].地质论评,1990,48(4):359-363.
Pan Guoqiang, Jing Yanren, et al. The discovery of coesite-bearing eclogites in the Dabie mountains [J]. Geological Review. 1990, 36(4):359-363(in Chinese with English abstract).
- [4] 徐树桐,苏文,刘贻灿,等.大别山东段高压变质岩中的金刚石[J].科学通报,1991,36(17):1318-1321.
Xu Shutong, Su Wen, Liu Yican, et al. The Diamond of high pressure metamorphism in eastern Dabie shan [J]. Chinese Science Bulletin, 1991, 36(17):1318-1321(in Chinese).
- [5] Okay AI. Petrology of a diamond and coesite-bearing metamorphic terrain: Dabieshan, China[J]. Eur. J. Mineral, 1993, 5:659-675.
- [6] Chopin C, Henry C, Michard A. Geology and petrology of the Coesite-bearing, Dora Maira massif, Western Alps [J]. Eur J. Mineral, 1991, 3:263-291.
- [7] 石永红,王清晨.大别山太湖地区榴辉岩峰期变质条件与构造意义[J].岩石学报,2004,20(3):609-620.
Shi Yonghong, Wang Qingchen. The peak metamorphic conditions of eclogites in the Taihu area of Dabie Mountains and its implication for tectonics [J]. Acta Petrologica Sinica, 2004, 20(3): 609-620(in Chinese with English abstract).
- [8] 向缉熙,向钊,吴思本,等.中国东大别陨疤和岳西陨坑残体的首次发现:东大别山超高压变质岩是陨星撞击的产物[C]//向缉熙主编.宇宙-地球科学(专辑1).北京:中国大地出版社,2005:1-26.
Xiang Jixi, Xiang Fan, Wu Siben, et al. The first discovery of the eastern Dabie astrobleme with relict of Yuexi meteorite crater in China: Meteorite impact had resulted in the ultrahigh pressure metamorphic rocks in Dabie Mountain[C]// Xiang Jixi(ed). Cosmos-Earth Sciences(Series 1). Beijing: China Land Publishing House, 2005: 1-26(in Chinese).
- [9] Coes Jr L. A new dense crystalline silica [J]. Science, 1953, 118: 131-132.
- [10] Glass Billy P. Introduction to Planetary Geology [M]. Cambridge University Press, 1982.
- [11] Smyth T R, Hatton CJA. Coesite sanidine grosspyrite from the Robert Victor Kimberlite [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1977, 34:284-290.
- [12] Ponomarenko A I, Sptsius Z V. Coesite of Eclogites from the Udachnaya Kimberlite Pipe International Mineralogical Association Meeting XI, 1977, Volume 2 pp.33, Moscow, Nanka.
- [13] Smith D C. Coesite in clinopyroxene in the caledonides and its implication for geodynamics[J]. Nature, 1984, 310:641-644.
- [14] Chpin C. Coesite and pure pyrope in high-grade blueschists of the western Alps A first record and some coarse sequences [J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1984, 86:107-118.
- [15] Li S, Xiao Y, Liu D, et al. Collision of North China and Yangtze blocks and formation of coesite-bearing eclogites: Timing processes [J]. Chemical Geology, 1993, 109:89-111.
- [16] Rolwey DB, F Xue, Tucker RD, et al. Ages of ultrahigh pressure metamorphism and protolith orthogneisses from the eastern Dabie shan: U/Pb zircon geochronology [J]. Earth and Planetary Science Letter, 1997, 155:191-203.
- [17] Ayers JC, Dunkle S, Gao S, et al. Constraints on timing of peak and retrograde metamorphism in the Dabie shan Ultrahigh - pressure Metamorphic Belt, eastcentral China, Using U-Th-Pb dating of zircon and monazite [J]. Chemical Geology 2002, 186: 315-331.
- [18] 陈道公, Deloule E, 程昊, 等. 南大别黄镇低温榴辉岩多同位素体系年代学研究[J]. 中国科学, 2003, 33(9):828-840.
Chen Daogong, Deloule E, Cheng Hao, et al. Geochronological study of multi-isotope system in the low-temperature eclogite in Huangzhen, Southern Dabie Mountains [J]. Science in China, 2003, 33(9):828-840(in Chinese).

Discovery of the Daba meteorite crater on the southeastern margin of the Dabie Mountains, China

XIANG Ji-xi^{1,2,3}, XU Lin-gen^{2,3}, Xiang Fan¹,
SHI Qian-hua¹, WU Si-ben^{3,4}, ZHANG Xin-yuan², ZHANG Yi-yong^{1,5}

(1. Anhui Geological Survey, Hefei 230001, Anhui, China;

2. Development and Research Center of China Geological Survey, Beijing 100037, China;

3. Beijing Institute of Cosmos-Earth Science, Beijing 100088, China; 4. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

5. Rock & Mineral Testing center of Anhui Province, Hefei 230001, Anhui, China)

Abstract: This paper introduces a newly discovered meteorite crater in Daba on the southeastern margin of the Dabie Mountains in Anhui Province. Preliminary survey has revealed that the Daba meteorite crater is elliptic in shape with its major-axis oriented in a NNE direction, ~19 km long, and its minor-axis being ~12 km and the maximum depth being 2 km. This is a compound meteorite crater with a central uplift. The Daba crater has a circular image in satellite photos and shows a depression topographically. The base of the Daba meteorite crater is well preserved and its boundary may be directly observed and traced. All types of impact metamorphic rocks formed at ~230 Ma are well developed, of which there are rocks containing typical impact metamorphic minerals such as coesite and typical ultramicro-structures such as impact cataclastic structures and especially desiccation auto-breccia found structure commonly on the inner walls of the crater's base, which serves as the most reliable indication for indentifying the meteorite crater. All the evidence has confirmed that the Daba circular image is a typical meteorite crater structure. This new discovery is of great significance both scientifically and economically. A model may be constructed for guiding further search and investigation of meteorite craters in the folded mountainous areas. Meanwhile, it also greatly enriches the geological evidence for establishing the Dabie Global Geopark. This discovery will undoubtedly promote the development of tourism of the Dabie Mountains as well as popularization of knowledge of meteorite impact.

Key words: meteorite crater structure; meteorite crater base; impact metamorphic rocks; impact metamorphic minerals, coesite; desiccation auto-breccia; structure

About the author: XIANG Ji-xi, male, born in 1933, senior researcher; mainly engages in cosmos-earth science, his research interests are tectonics and meteorite impact geology; E-mail: Zdxjx@126.com.